

Ge 導波路の光伝搬特性の偏光依存性

Polarization dependent optical propagation characteristics of germanium waveguides

○奥村忠嗣、小田克矢、葛西淳一、佐川みすず、諏訪雄二、(日立研開)

○Tadashi Okumura, Katsuya Oda Junichi Kasai, Misuzu Sagawa, Yuji Suwa, (Hitachi R&D Group)

E-mail: tadashi.okumura.tx@hitachi.com

1. はじめに

シリコンモノリシック集積光源の実現に向けて、ゲルマニウム(Ge)発光素子が研究されている[1]。Ge 発光層において直接遷移の Γ 点での発光効率を高めるために、n型ドーピングと伸張歪みによるアプローチが提案されている[2,3]。我々はGe レーザ実現に向け導波路構造を試作し、その光伝搬特性から発振可能性を評価している[4]。本発表では、Ge 導波路の伝搬特性測定において観測された偏光依存性について報告する。

2. 実験方法

SOI 基板上に LPCVD 装置でドーピングの無い Ge 層(i-)と n 型ドーピング(n-)した Ge 層を成膜した。このとき Ge 層には基板との熱膨張差に起因する伸張歪みが印加される。次にドライエッチングにより幅 500nm の細線 Ge 導波路を形成した。最後に SiO₂ で表面保護し素子を作製した。スーパーluminescentダイオードとレーザ光を用いて Ge 導波路の透過特性を評価した。

3. 結果と考察

図 1 に透過光強度から見積もった導波路損失の波長及び偏光依存性を示す。n-Ge の大きな損失は、不純物によるバンドギャップ縮小と自由キャリア吸収によるものである。また i-Ge、n-Ge とともに、TM モードよりも TE モードの導波路損失が大きい。i-Ge 導波路損失曲線を外挿することで直接遷移のエネルギーギャップを見積もると、TE モードのほうが約 10meV 小さい。この差は Ge の価電子帯の状態を反映していると推定される。TE モードは重い正孔、TM モードは主に軽い正孔による光吸収成分を持つため、導波路損失特性より Γ 点近傍に置いて

は、重い正孔の軌道が軽い正孔よりも高いエネルギーになっていることが推測される。

図 2 に光励起下における Ge 導波路の透過光強度の相対変化、及びその測定系模式図を示す。プローブ光にはレーザ光(波長 1600nm)を用いた。Ge 導波路に上面からポンプ光(波長 1480nm)を照射し、部分的に Ge 導波路を光励起し透過特性を評価した。i-Ge を適用した導波路では、光励起強度の増大とともに、透過光強度は減少する。一方、n-Ge 導波路は光励起による透過光強度の増大を確認した。これは光励起による導波路利得・損失項($g-\alpha$)の増加を示しており、n 型ドーピングによって伝導帯の Γ 点への電子の注入効率が向上していることを示している[4]。特に TE モードは増加割合が顕著であり Γ 点においては、伝導帯と価電子帯の重い正孔軌道間での再結合が支配的な現象であると推定される。これは上述の光吸収特性から推定される正孔の Γ 点におけるバンド状態とも一致する。以上の導波路伝搬特性より推定されるバンド状態は、Ge 層形成後の 2 軸性伸張歪み状態とは異なると考えられる。すなわち導波路構造の作製過程における歪み状態変化の可能性を示唆している。以上の結果より、Ge の発光効率改善に向けて、歪み状態の解析とともに、応力膜の付加など導波路構造形成後の歪み印加が重要であることが分かった。

本研究は文部科学省 イノベーションシステム整備事業の支援により遂行された。

- [1] J. Liu, et al, Opt. Lett., 35, pp. 679~681, (2010).
- [2] J. Liu, et al; Opt. Lett., 34 pp. 1738~1740, (2009)
- [3] Y. Suwa, , proceeding of Group IV photonics 2013, pp. 37-38, (2013)
- [4] 奥村他、第 76 回応用物理学会秋季学術講演会、14a-2N-6 (2015)

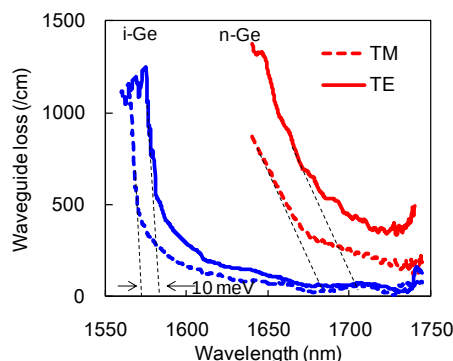


Fig 1 Waveguide losses estimated from transmission power.

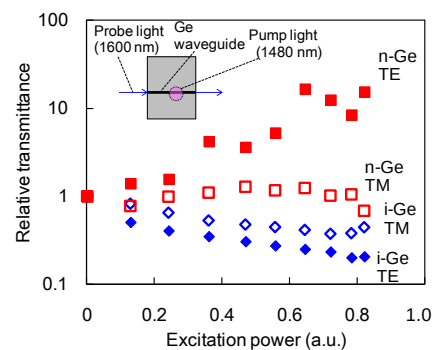


Fig 2 Transmission power change under optical pumping